

Elamute majanduslikult soodsaimast seinapaksusest.

Ins. E. Maltenek.

1. Majanduslikult soodsaima seinapaksuse mõiste.

Peale küllaldase tugevuse peab elamu sein vastama teatavatele nõuetele soojajuhtivuse suhtes. Mida suurem on seina soojajuhtivus, seda rohkem kütteainet kulub ruumi hoidmiseks soojana, seda suuremad peavad olema kütteseadmed. Kasvab seina juhtivus, mille mõõduks on nn. soojaläbilasutegur (k), üle teatava piiri, siis seina sisepind hakkab higistama kondenseeruva õhuniiskuse tõttu. Viimane asjaolu määrabki ühe piiri, milleni tohib tõusta seina juhtivus. Saksa normides loetakse selleks piiriks $k=1,37 \text{ cal/m}^2\text{C h}$.

Tegelikult ehitatakse elamu sein harilikult parema isolatsioonivõimega, kui seda nõuab eelmine tingimus. Näiteks, meie määrused nõuavad, et $k \geq 1$. Sellega tahetakse ärahoida:

- liiga suuri temperatuurivahesid ruumis,
- liiga suurt küttekulu.

Viimane kulu on suure majandusliku tähtsusega eriti meil, kus elamute kütmine toimub peaaesjalikult puudega, kus seega üleliigne kulu osutub väärtusliku varanduse raiskamiseks*).

Seina isolatsioonivõimet võib teha kuitahes suureks; tehniliselt ei ole seks takistusi, küll aga majanduseliselt. Mida parem tehakse isolatsioon, seda rohkem materjali ja kapitali kulub ehitamiseks. Küttekulu vähendamine sünnib nii siis ehituskulude arvel; sellepärast liialdus viimaseski suunas võib osutada raiskamiseks. Üldmajanduslikult tuleb lugeda kõige soodsamaks sellist seina, mil aasta üldkulu (s. t. kütte + kapitalikulu) on kõige väiksem**).

Kuna üht ja sama isolatsioonivõimet võib saavutada mitmesuguste seinakonstruktsioonidega, kusjuures igal konstruktsioonil võib seina hind olla isesugune, siis on selge, et majanduslikult soodsaim isolatsioon on igal konstruktsioonil isesugune. Sellepärast ei tohiks nõuda üht ja sama minimaalset isolatsiooni võimet (k) kõigilt konstruktsioonidelt, vaid igal konstruktsioonil peaks olema oma lubatav minimaalne k .

*) E.A. Allcut'i järgi võiks näiteks Canadas saavutada aastas £ 6.000.000 kokkuhoidu, kui kõik elumajad korralikult isoleerida. „The Institution of mech. Engineers“, Proceedings 1934, lhk. 229.

***) Võrdle näiteks I. S. Cammerer „Grundlagen für wirtschaftlichen Wärmeschutz“, Arch. für Wärme-wirtschaft 1933, lhk. 117.

See soodsaim k oleneb veel ilmastikust, elamu asukohast, kütteaine hinnast ja amortisatsiooni suuruselt. Järgnevad arvutlused on sellepärast õiged ainult Tallinna jaoks 1935. a. kevadistel kütteainehindadel.

2. Tallinna kraad-päevad. Läbi seinte valguva sooja arvutamiseks kasutatakse harilikult nn. kraad-päevade mõistet. On ruumi- ja välis-temperatuurid t_1 ja t_2 ning seina soojaläbilasutegur k , siis h tunni jooksul läheb läbi seina sooja

$$Q = k(t_1 - t_2) \cdot h \text{ cal/m}^2.$$

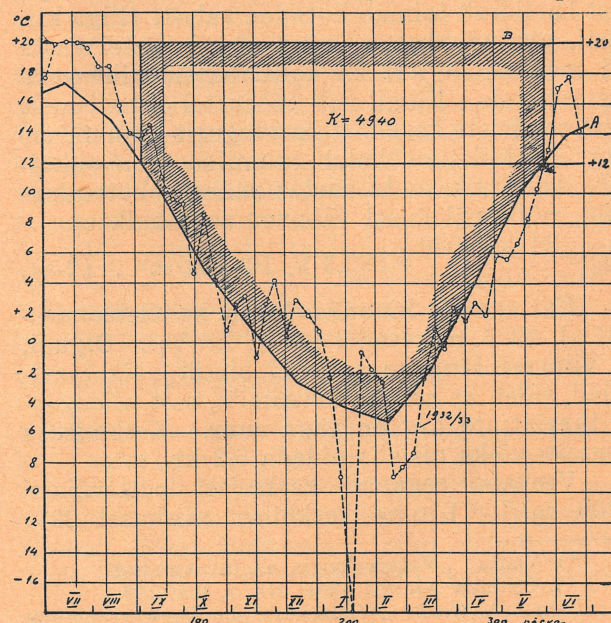
Kuna välistemperatuur järjest muutub, siis aastas läbi seina 1 m^2 minev soojahulk on

$$Q = k \sum (t_1 - t_x) \cdot h_x,$$

kus h_x on mingi välistemperatuuri t_x kestus aasta vältel. Kui h_x avaldada päevades (24 tundi), siis suurus $\sum (t_1 - t_x) \cdot h_x$ ongi aasta kraad-päevad K . Aastas läbi seina 1 m^2 valguv soojahulk on seega

$$Q_1 = 24 k \cdot K \dots \dots (1).$$

Kraad-päevade arv leidub päeva keskmiste temperatuuride aastakõverast A (joon. 1). On soovitud ruumitemperatuur teada, — harilikult on selleks $+20^\circ\text{C}$, siis selle temperatuurisirge (B) ja kõvera A vaheline pind kujutabki kraad-päevi. Kuna aga ruumi ei kõeta kogu aasta läbi, vaid ainult neil päevil, kus välistempera-



Joon. nr. 1.

tuur on all teatava piiri, siis aastast küttekulu ei saa arvutada kogu aasta kraad-päevadega, vaid ainult selle aja krad-päevadega, mil tegelikult köetakse. Niisuguseks ajaks loetakse harilikult päevi, mille keskmine temperatuur on alla +10—12°C. Tallinna eriti niiske õhu tõttu tuleks meil lugeda seks piiriks +12°C. Kütteperioodi kraad-päevi kujutab nii siis diagrammi viirutatud pind. Temperatuuride muutumise kõver (A) on määratud keskmiste kuutemperatuuride abil, mis on märgitud iga kuu keskmise päeva kohale, ning vastavad punktid on ühendatud murdjoonega. Keskmisteks kuutemperatuurideks on võetud 19 aasta keskmised (1909—1916 ja 1920—1923)*). Võrdluseks on diagrammile punktiirjoonega märgitud 1932./33. a. keskmised nädalatemperatuurid. Nagu diagrammilt näha, erineb nädalatemperatuuride järele määratud pind ainult vähe keskmise kuutemperatuuri abil määratavast. Viirutatud diagrammipind annab Tallinna küttekraad-päevade jaoks arvu

$$K=4940.$$

3. Küttekulu arvutus. Läbi seina valguva soojahulga Q_1 (valem 1) abil määrub ärapõletatud kütteaine soojahulk Q_2 , kui on teada kütteseadmete keskmine kasutegur η :

$$Q_2 = \frac{Q_1}{\eta} = \frac{24 \text{ k. } K}{\eta} \dots (2).$$

Viimase kohta puuduvad meil kahjuks täpsamad andmed. T. Tehnikumi soojusjõu-laboratooriumi katsed*) näitasid, et kivivoodriga plekkahjul võib saavutada korraliku kütmisega ligi 74%-lise keskmise kasuteguri. Umbes sama suur kasutegur tagatakse (garanteeritakse) keskkütetel, kuid ainult täiskoormusel, s. t. kõige külmemal ajal. Keskmine aastakasutegur on neil märksa madalam; kontrollimisel selgub vahest, et näiteks 70%-lise kasuteguriga keskkütte aastakeskmine η on kõigest 36%**). Ka toaahjude aasta- η ei või olla kuigi kõrge, sest harilikult toimub kütmine valesti (liiga kiiresti, avatud uksega) ning ahjud ise ei vasta nii mõõtmeltele kui ka konstruktsioonilt oma ülesannetele. Kõigil neil põhjustel ei tohi meie kütteseadmete keskmist kasutegurit hinnata üle 40%. Sel oletusel kulub ruumi soojanahoidmiseks seina m² kohta aastas säärane kütteainehulk, mille põlemisel vabanev soojahulk on

$$Q_2 = \frac{24 \text{ k. } 4940}{0,4} = 296,5 \text{ k. } 10^3 \text{ cal/m}^2 \dots (2-a).$$

Küttepuude hinnaks (ühes kohaletoomisega) oli 1935. a. kevadel 4,7—6 kr./m³. Olgugi, et viimase hinnaga ostavad ainult väiketarvitajad, tuleb ka sellega arvestada, sest niisuguste tarvitajate arv on väga suur. Keskmiseks hinnaks võiks nii siis pidada 5,3 kr./m³.

Veevaba segapuu keskmisel küttevõimel 4300 cal/kg*) ning keskmisel niiskusel 20%

oleks küttepuu küttevõime 3300 cal/kg. T. Tehnikumi mõõtmised andsid segapuu mahu-kaaluna 410 kg/m³. Neil andmetel maksab puu 10⁶ kalorit

$$\frac{5,3 \cdot 10^6}{410 \cdot 3300} = 3,92 \text{ kr.}$$

Turvast müüakse suurematele tarvitajatele hinnaga 11,5 kr./tonn, kusjuures kütteväärtus on umbes 3200 cal/kg. Turba 10⁶ kalorit maksab seega

$$\frac{11,5 \cdot 10^6}{3200 \cdot 1000} = 3,6 \text{ kr.}$$

s. t. umbes samapalju kui puu hinnal 4,9 kr./m³.

Kuna toaahjude kütmine turbaga on meil vähe levinud ja kuna kaugelt suurem hulk kütteainet põletatakse meil harilikkudes ahjudes, siis tuleb arvestada puu keskmise hinnaga, s. t. 3,92 kr./10⁶ cal. Seega on aastane küttekulu seina 1 m² kohta kroonides

$$\frac{3,92 \cdot 296,5 \cdot 10^3}{10^6} \cdot k = 1,162 \text{ k} \dots (3)$$

4) Seinte soojajuhtivus ning soojaläbilasuse teguri arvutus. Soojaläbilasuse tegur k leidub tuntud valemist:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \dots (4)$$

kus α_1 on ülekandetegur õhult seina sisepinnale, α_2 on ülekandetegur seinapinnalt välisõhku, $\sum \frac{\delta}{\lambda}$ on seina üksikute kihtide soojatahistuste summa, δ on seina paksus (m) ja λ on seinamaainese (materjali) juhtivus $\frac{\text{cal}}{\text{m}^{\circ}\text{C h}}$

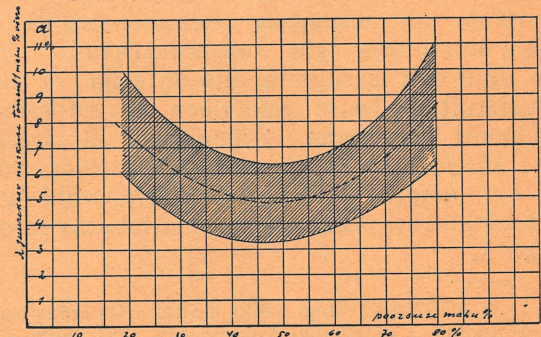
Nusselt'i *) järgi on ruumiõhu ja seina sisepinna temperatuuride vahe ($t_1 - \theta_1$) puhul $\alpha_1 \approx 8,4 + 0,06(t_1 - \theta_1) \dots (5)$

Wierz **) annab α_2 jaoks valemi:

$\alpha_2 \approx 0,85 C + 13\sqrt{v} \approx 3,6 + 13\sqrt{v} \dots (6)$ kus v on välisõhu kiirus. Harilikult võetakse tuule mõju arvesse erilise lisakoeffitsiendiga, sellepärast arvutatakse α_2 siin $v \approx 0,5$ m/sec puhuks; sel puhul on

$$\alpha_2 = 3,6 + 13\sqrt{0,5} = 13.$$

Ehitusmaterjalide soojajuhtivus oleneb suurel määral niiskusest. Meie ehituskivide



Joon. nr. 2.

*) Vaata: „Meteoroloogia aastaraamatud“.
 *) Tehnika Ajakiri 1935, Nr. 7, lk. 120.
 **) De Grahl „Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe“, lk. 403.
 *) V. näiteks R. Katsekoja teataja Nr. 1, lk. 80.

*) V. n. Archiv f. Wärmewirtschaft 1929, lk. 279.
 **) Wierz „Wissenschaftliche u. praktische Grundlagen der Wärmeverlustberechnung“.

soojajuhtivust mitmesugusel niiskusel ei ole seni mõõdetud. Niisugustel mõõtmistel tekki- vate ebatäpsuste tõttu on ka välismaa andmed kaunis lahkuminevad. Cammerer*) annab näi- teks soojajuhtivuse olenevuse jaoks niiskusest õige laiades piirides kõikuvad arvud (joon. 2). Täpsamate andmete puudusel tuleb kasutada selle diagrammi keskmisi arve, milliseks ots- tarbeks viimased on diagrammi märgitud punk- tiir-joonega.

Meie ehituskivide omaduste kohta anna- vad V. Muda**) ja A. Nuut***) järgmised andmed:

Tabel nr. 1.

	Poorsus, %	Õhukuiva kivi niiskus:		Kuiva kivi mahukaal	Imavus:		Imavuse vältavus, päevades	λ
		kaalu %	mahu %		kaalu %	mahu %		
Loksa telliskivi	33,4	1,32	2,47	1,786	16,32	29,1	8	0,532
Sangaste telliskivi	40,3	0,40	0,64	1,595	21,2	33,8	13	0,442
poorne telliskivi	52,7	1,24	1,61	1,300	30,12	39,2	10	0,320
O.-Ü. Silikaadi kivi	27,2	4,19	7,94	1,895	11,43	21,7	3	0,906
Tsementbetoon kivi	32,0	4,72	8,54	1,811	9,75	17,7	2	0,735
Paas	4,0	—	—	2,626	1,14	2,99	6	1,50

Kahjuks pole ka siin soojajuhtivuse mõõt- mistel määratud kivide niiskust. Kuna kivid seisid enne seda mõõtmist 70%-lise õhuniisku- sega ruumis pikemat aega, siis võib oletada, et nad olid soojajuhtivuse mõõtmisel „õhukuivad“, s. t. et niiskus oli sama, mis märgitud eelmises tabelis. Paekivi soojajuhtivust ühes vastava niiskusega on paar korda mõõdetud Riiklikus Katsekojas; seal leiti

- $\lambda = 1,359$ niiskusel 0,21 mahu-%
- $\lambda = 1,466$ „ 0,18 „ „
- $\lambda = 1,492$ „ 0,0 „ „

Keskmiselt $\lambda = 1,439$ niiskusel 0,13 mahu-%

Sellest tuleb järeldada, et ka A. Nuut'i mõõtmistel oli kivi võrdlemisi kuiv, sest leitud $\lambda = 1,50$ on kaunis ligidal kuiva kivi λ -väärtusele.

Absoluutselt kuiva kivi soojajuhtivus (λ_0) määrub õhukuiva kivi soojajuhtivusest (λ) Cammereri diagrammi abil:

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{1 + \frac{a \cdot w}{100}}$$

Tabel nr. 2.

	Poorsus %	α	Õhukuiva kivi		λ_0
			niiskus w%	λ	
Loksa telliskivi	33,4	5,6	2,47	0,532	0,457
Sangaste telliskivi	40,3	5,0	0,64	0,442	0,428
Telliskivid keskmiselt	36,8	5,3			0,45
Sangaste poorne tel- liskivi	52,7	4,9	1,61	0,320	0,297
Silikaatkivi	27,2	6,3	7,95	0,906	0,605
Tsementbetoon kivi	32,0	5,7	8,54	0,739	0,500
Paekivi	4,0	11,0 ¹⁾	0,13	1,439	1,418

*) „Kälte- u. Wärmeschutz in d. Industrie“, 1928, lhk. 93.

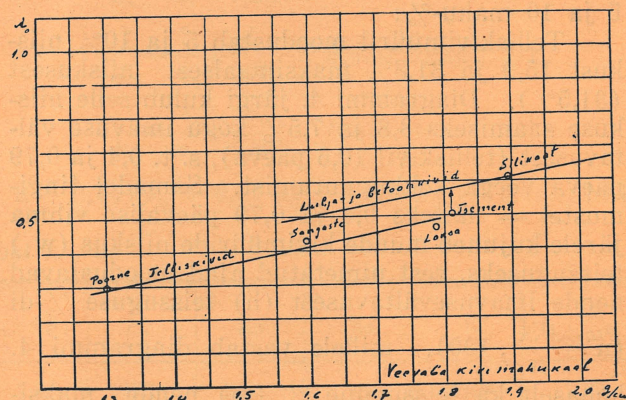
**) „Eesti kunst kivide tehnilised omadused“, T. Tehnikumi diplomitöö 1934.

***) „Tallinna-lademete lubjakivide ehitustehnilisi omadusi“, Tehnika Ajakiri 1935, nr. 4.

kus w on õhukuiva kivi niiskus mahu-%-ides ning a on λ juurdekasv %-ides niiskuse tõusul 1% võrra. Sel kombel on arvutatud λ_0 väärtused tabelis 2.

Kontrolliks on leitud λ_0 -väärtused kantud diagrammi (joon. 3), millel sirgjooneliselt on kujutatud λ_0 olenevus mahukaalust Cammereri järgi*). Selgub, et leitud arvud ühtuvad hästi Cammereri andmetega peale tsementki- vide oma, millise kõrvalekaldumine tekib nähtavasti teissuguse segu ja niiskuse tõttu sooja- juhtivuse mõõtmisel; edaspidi kasutatakse tse-

mentkivide jaoks Cammereri järgi leitavat väärtust $\lambda_0 = 0,58$. Paekivi λ_0 kontrolliks puuduvad kahjuks alused.

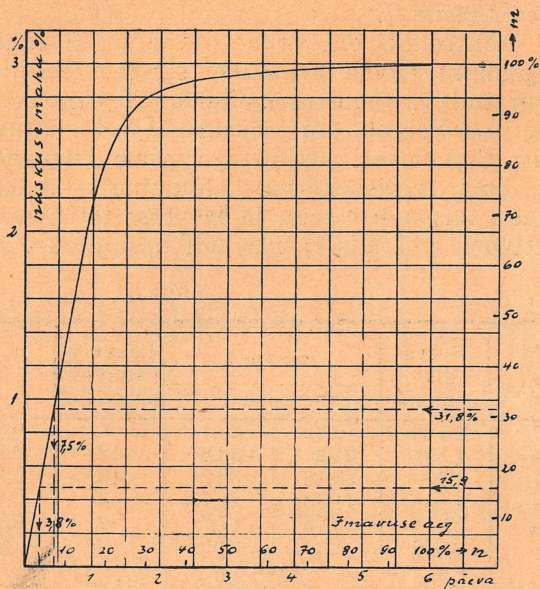


Joon. nr. 3.

Müüriks on kivid alati niiskemad, mille tõttu nende soojajuhtivus tõuseb tunduvalt. Cammerer*) loeb näiteks „kuiva“ müüri niiskuseks 5 mahu-% ning „normaalselt niiske“ müüri niiskuseks 10%. Nähtavasti võib seda lugeda normaalseks ainult telliskividel, sest silikaat- ja tsementkividel on juba õhukuivas olekus 8–8,5% niiskust, telliskividel aga kõigest 0,6–2,5% (v. tab. 1). Tsement- ja silikaatkivi suurem niiskus on seletatav nende kiirema imevusega: veega kokkupuutumisel saab telliskivi oma maksimaalse niiskuse ($\frac{29,1 + 33,8}{2} = 31,5\%$) keskmiselt 10,5 päevaga, tsementkivi aga juba 2 päevaga. Imavuse protsessi iseloom ei ole kõigil kividel tuntud; ainult paekivi jaoks leiab A. Nuut joonisel 4. kujutatud kõvera. Väga ligikaudselt võib oletada, et ka teistel kividel toimub imavus samase iseloo-

1) Pae α -väärtus on väga umbkaudne, kuna on leitud Cammereri keskmiste kõvera eksterpoolimisest.

muga kõvera järele. Selle oletuse põhjal võib leida, missugune peaks olema teiste kivimüüride niiskus, kui samades tingimustes oleva tel-



Joon. nr. 4.

liskivimüüri normaalseks niiskuseks pidada 5 ja 10 mahu-%:

Telliskivimüüri moodustab 5 ja 10% niiskust 15,9 ja 31,8% maksimaalsest niiskusest (31,5%). Diagrammi 4. järgi kulub selle niiskuse saamiseks 3,8 ja 7,5% kogu imavuse vältavusest (telliskivil 10,5 päeva), s. t. 0,4 ja 0,79 päeva veega kokkupuutumist. Samadel tingimustel — näiteks 0,4 ja 0,79 päevalise vihma järele kujuneb muude kivimüüride niiskus (w_1) teissuguseks, sest nimetatud ajad moodustavad nende imavusevältavusest (h) teissuguse %-di ($n = \frac{0,4}{h} \cdot 100$), millele vastab diagrammi 4. kohaselt ka teissugune % (m) nende maksimaalsest niiskusest (w_{max}). Järgnevas tabelis 3. on sel põhimõttel arvutatud müüride niiskused, mis vastavad telliskivimüüri 5- ja 10-mahu-%-lisele niiskusele.

Tabel nr. 4.

Müür	a	λ_0	Kuiv müür (vooder)		Norm. niiske (välissein)	
			w_1 %	λ_1	w_1 %	λ_1
Telliskivi, keskmine	5,3	0,45	5,0	0,57	10,0	0,70
Poorne telliskivi	4,9	0,297	6,5	0,39	13,1	0,49
Silikaatkivi	6,3	0,605	12,6	1,09	19,8	1,36
Tsementkivi	5,7	0,580	14,4	0,91	17,0	1,14
Paekivi	11,0	1,418	0,9	1,56	1,7	1,68

Telliskividel tõuseb λ_1 veel pisut sideaine suurema soojajuhtivuse tõttu; selle arvessevõtmiseks kasutatakse edaspidi telliskivide sise- ja välimüüride jaoks $\lambda_1 = 0,60$ ja $0,75$, poorse telliskivi jaoks $\lambda_1 = 0,42$ ja $0,53$. Muudel müüridel on sideaine λ umbes samane või väiksem kui müüri kivide λ , millepärast neil ta mõjuga ei arvestata. Nopsa-süsteemi seintel tuleb sisevoodrit pidada pisut kuivemaks kui harilikudel seintel; sellepärast valiti sel süsteemil sise-, kesk- ja välismüüri jaoks tsementkivide puhul $\lambda_1 = 0,75, 1,0$ ja $1,2$ ning telliskivide puhul $\lambda_1 = 0,47, 0,60$ ja $0,75$.

Täiteainetest on sammalturba purul normaalsel õhuniiskusel $\lambda = 0,06$. Kuna ei ole teada, millise niiskuse võtab täide seinas, siis tuli paratamata arvutada selle väärtusega. Sellejuures tuleb aga silmas pidada, et niiskuse mõjul täite λ võib tõusta, mille tagajärjel täite kasu tunduvalt langeb.

Õhuvahede soojataktuse (δ/λ) kohta annab Wierz *) järgmised väärtused:
 õhuvahelaus $\delta = 5$ cm; takistus $\delta/\lambda = 0,19$
 „ „ $\delta = 8$ „ „ $\delta/\lambda = 0,22$
 „ „ $\delta = 15$ „ „ $\delta/\lambda = 0,23$.

5) Seinte soojaläbilasutegur ja seinte hind. Soojaläbilasuteguri arvutusel valemi (4) abil on võetud tellis- ja silikaatkivide mõõtmeiks $27 \times 13,2 \times 7$ cm, tsementbetoon-kividel aga $28 \times 13,6 \times 6,4$ cm. Kõik k-väärtused ja hinnad on arvutatud krohvimata seintele. Ruumi ja seina sisepinna temperatuurivahe

Tabel nr. 3.

Müür	Imavuse vältavus h, päevades	Maksim. niiskus mahu-% w_{max}	Kuiv müür (vooder)			Norm. niiske (välissein)		
			$\frac{0,4}{h} \cdot 100 = n\%$	Diagrammist 4 m%	$\frac{m \cdot w_{max}}{100} = w_1\%$	$\frac{0,79}{h} \cdot 100 = n\%$	Diagrammist 4 m%	$\frac{m \cdot w_{max}}{100} = w_1\%$
			Telliskivi, keskmine	10,5	31,5	3,8	15,9	5,0
Poorne telliskivi	10	39,2	4,0	16,7	6,5	7,9	33,5	13,0
Silikaatkivi	3	21,8	13,4	58,0	12,6	26,3	90,7	19,8
Tsementkivi	2	17,7	20,0	81,0	14,4	39,5	96,0	17,0
Paekivi	6	2,99	6,7	28,4	0,9	13,2	56,0	1,7

Nende niiskuste (w_1) juures määrub müüri soojajuhtivus (λ_1) Cammereri diagrammi (2) abil:

$$\lambda_1 = \left(1 + \frac{aw_1}{100}\right) \lambda_0,$$

kus a ja λ_0 on samad, mis tabelis 2.

($t_1 - \vartheta_1$) on arvutatud ruumi temperatuuri $+20^\circ \text{C}$ ja aasta keskmise välistemperatuuri $t_2 = +5^\circ \text{C}$ jaoks võrrandist $Q = \alpha_1(t_1 - \vartheta_1) = k(t_1 - t_2) = k(20 - 5) = 15 \cdot k$.
 $t_1 - \vartheta_1 = \frac{15 \cdot k}{\alpha_1}$

*) „Wissenschaftliche u. praktische Grundlagen der Wärmeverlustberechnung“.

Hinnad on koostatud 1935. a. kevadiste turuhindade kohaselt ehitajatelt ja tööde väljaandjatelt kogutud andmete põhjal.

A. Massiivne telliskivisein

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{0,75} + \frac{1}{13}$$

(vaata tabel 5 ja joonis 4-a).

Tabel nr. 5.

Tüüp	Paksus δ (m)	$\delta/0,75$	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K	Hind kr./m ²
a) 1 kivi . . .	0,27	0,360	3,1	8,59	1,807	6,40
b) 1½ „ . . .	0,41	0,547	2,6	8,54	1,350	9,20
c) 2 „ . . .	0,55	0,733	1,9	8,52	1,078	12,00
d) 2½ „ . . .	0,69	0,920	1,6	8,50	0,898	14,80

B. Telliskivisein 8-sm-lise õhuvahega ja ½-kivipaksuse seesmise voodriga.

Sidekivid asuvad lapiti reana kõrguse iga meetri tagant, s. t. nad täidavad õhuvahe ruumist 7%.

Ilma sideskivideta oleks seinä läbilasutegur k_1 määratud võrrandiga

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 0,22 + \frac{0,132}{0,60} + \frac{1}{13} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 0,517$$

kus δ_1 on väliskihi paksus.

Sidekivide kohal on läbilasutegur k_2 :

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{0,67} + \frac{1}{13}$$

kus δ on seinä üldpaksus ja 0,67 ta keskmine λ

Seinä keskmine läbilasutegur k on siis

$$k = 0,93 k_1 + 0,07 k_2. \text{ (tabel 6).}$$

D. Silikaatkivist välissein 8-sm-lise tühja õhuvahega ning ½-kivi-paksuse telliskivist voodriga.

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,36} + 0,517 \text{ (nagu juhul B);}$$

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,36} + \frac{\delta_2}{1,36} + \frac{\delta_2}{0,60} + \frac{1}{13} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,36} + 0,430,$$

kus δ_2 on sidekivi pikkus $0,132 + 0,08 = 0,212$ m;

$$k = 0,93 k_1 + 0,07 k_2. \text{ (Vaata tabel 8.)}$$

E. Paesein 8-sm-lise tühja õhuvahega ja telliskivivoodriga ½ kivi paksuses.

$$\text{Ilma sideskivideta oleks } \frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,517$$

(nagu B).

$$\text{Sidekivide kohal on } \frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,430$$

(nagu D);

$$k = 0,93 k_1 + 0,07 k_2. \text{ (Vaata tabel 9.)}$$

F. Sama paesein turbapuru täitega.

Juhul C tehtud oletustel on

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 1,630 \text{ (nagu C);}$$

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,430 \text{ (nagu D);}$$

$$\frac{1}{k_3} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,517 \text{ (nagu B);}$$

$$k = 0,744 k_1 + 0,07 k_2 + 0,186 k_3. \text{ (Vt. tab. 10.)}$$

Tabel nr. 6.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	K	Hind, kr./m ²
a) 1 +8 cm +½ kivi	0,48	0,27	1,8	8,51	1,007	1,100	1,013	1,013	9,60
b) 1½ +8 cm +½ „	0,62	0,41	1,5	8,49	0,846	0,893	0,850	0,850	12,40
c) 2 +8 cm +½ „	0,76	0,55	1,3	8,48	0,731	0,752	0,833	0,833	15,10

C. Sama telliskivisein, kuid õhuvahe täidetud sammal-turba puruga.

Oletusel, et turbapuru peale vajumist täidab 80% õhuvahe ruumist, on seinä keskmine läbilasutegur

$$k = 0,8 \cdot 0,93 k_1 + 0,07 k_2 + 0,2 \cdot 0,93 k_3 = 0,744 k_1 + 0,07 k_2 + 0,186 k_3,$$

kus turbapuruga täidetud kohtades on

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + \frac{0,08}{0,06} + \frac{0,132}{0,60} + \frac{1}{13} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 1,630$$

Õhuga täidetud kohtades on k_3 sama, mis eelmise seinä k_1 , ning sidekivide kohal on k_2 sama, mis eelmisel seinäl. (tabel 7).

Tabel nr. 7.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	K	Hind,*) kr./m ²
a) 1 +8 cm +½ kivi	0,48	0,27	0,84	8,45	0,475	1,100	1,007	0,617	9,90
b) 1½ +8 cm +½ „	0,62	0,41	0,77	8,45	0,436	0,893	0,846	0,544	12,70
c) 2 +8 cm +½ „	0,76	0,55	0,71	8,44	0,403	0,752	0,731	0,490	15,40

*) Täite hinnal 2 kr./m³.

Tabel nr. 8.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	Hind,* kr./m ²
a) 1 +8 cm + $\frac{1}{2}$ kivi	0,48	0,27	2,1	8,53	1,202	1,342	1,212	9,00
b) 1 $\frac{1}{2}$ +8 cm + $\frac{1}{2}$ „	0,62	0,41	1,9	8,51	1,071	1,180	1,079	11,50
c) 2 +8 cm + $\frac{1}{2}$ „	0,76	0,55	1,7	8,50	0,962	1,050	0,967	14,00

Tabel nr. 9.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	Hind, kr./m ²
a) 60 cm +8 cm + $\frac{1}{2}$ kivi . . .	0,81	0,60	1,8	8,51	1,008	1,105	1,014	9,50
b) 80 „ +8 „ + $\frac{1}{2}$ „	1,01	0,80	1,6	8,50	0,900	0,977	0,905	11,00
c) 100 „ +8 „ + $\frac{1}{2}$ „	1,21	1,00	1,5	8,49	0,813	0,875	0,817	12,50

Tabel nr. 10.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	K_4	Hind, kr./m ²
a) 60 cm +8 cm + $\frac{1}{2}$ kivi .	0,81	0,60	0,85	8,45	0,475	1,105	1,008	0,617	9,80
b) 80 „ +8 „ + $\frac{1}{2}$ „ .	1,01	0,80	0,80	8,45	0,450	0,977	0,900	0,570	11,30
c) 100 „ +8 „ + $\frac{1}{2}$ „ .	1,21	1,00	0,77	8,45	0,427	0,875	0,813	0,530	12,80

ja tühjades õhuvahe kohtades on:

$$\frac{1}{k_3} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{1,0} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{0,75} + \frac{1}{13},$$

kui δ_1 , δ_3 ja δ_5 on välis-, kesk- ja siseseina paksus,

δ_2 ja δ_4 on õhupilude laius

δ_2/λ_2 ja δ_4/λ_4 on tühjade õhuvahede soojatakistus (tabel 11).

I. Telliskivisein 8-sm-lise tühja õhuvahega ja poorse telliskivi voodriga $\frac{1}{2}$ kivi pak-suses. Nagu juhul B on

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 0,22 + \frac{0,132}{0,39} + \frac{1}{13} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 0,636;$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + \frac{0,132 + 0,08}{0,39} + \frac{1}{13} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + 0,620$$

$k = 0,93 k_1 + 0,07 k_2.$ (Vaata tabel 13.)

Tabel nr. 11.

Tüüp	δ	δ_1	δ_2/λ_2	δ_3	δ_4	δ_4/λ_4	δ_5	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	K_4	Hind,* kr./m ²
a) $\frac{1}{4}$ +15,2 cm + $\frac{1}{4}$ +15,2 cm + $\frac{1}{4}$	0,496	0,064	0,23	0,064	0,152	0,23	0,064	0,56	8,43	0,317	1,450	1,167	0,535	5,20
b) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{4}$ +15,2 „ + $\frac{1}{4}$	0,496	0,136	0,22	„	„	„	„	0,54	„	0,312	1,450	1,103	0,519	6,90
c) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{4}$ +15,2 „ + $\frac{1}{2}$	0,568	„	„	„	„	„	0,136	0,53	„	0,303	1,315	0,998	0,486	8,50
d) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{4}$ +10,0 „ + $\frac{1}{2}$	0,516	„	„	„	0,100	0,22	„	0,73	8,44	0,410	1,410	1,008	0,574	8,40

H. Sama sein telliskivist **) (tab. 12).

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{0,6} + \frac{\delta_4}{0,06} + \frac{\delta_5}{0,47} + \frac{1}{13}$$

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{0,60} + \frac{1}{13}$$

$$\frac{1}{k_3} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{0,75} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{0,6} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{0,47} + \frac{1}{13}$$

K. Paesein 8-sm-lise tühja õhuvahega ja $\frac{1}{2}$ -kivi-paksuse poorse telliskivi voodriga.

Nagu juhul E ja I on

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,636,$$

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{1,68} + 0,620 \text{ ja}$$

$$k = 0,93 k_1 + 0,07 k_2. \text{ (Vaata tabel 14.)}$$

Tabel nr. 12.

Tüüp	δ	δ_1	δ_2/λ_2	δ_3	δ_4	δ_4/λ_4	δ_5	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	K_4	Hind,* kr./m ²
a) $\frac{1}{4}$ +15,2 cm + $\frac{1}{4}$ +15,2 cm + $\frac{1}{4}$	0,514	0,07	0,23	0,07	0,152	0,23	0,07	0,53	8,43	0,302	0,952	0,987	0,466	5,60
b) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{4}$ +15,2 „ + $\frac{1}{4}$	0,504	0,132	0,22	„	„	„	„	0,52	„	0,295	0,970	0,920	0,448	7,40
c) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{4}$ +15,2 „ + $\frac{1}{2}$	0,566	„	„	„	„	„	0,132	0,51	„	0,284	0,880	0,821	0,416	9,10
d) $\frac{1}{2}$ +8 „ + $\frac{1}{2}$ +15,2 „ + $\frac{1}{2}$	0,628	„	„	1,132	„	„	„	0,49	„	0,276	0,806	0,757	0,394	10,80

*) Silikaatkivi hind on arvatud 3,5 senti, s. t. 0,5 senti odavamalt kui telliskivil.

*) Arvutatud tsementkivi hinnal 3,5 senti ja telliskivi hinnal 4 senti.

**) Et võimaldada H ja G võrdlust, on telliskivi-seinal võetud samad õhuvahed kui tsementkiviseinal.

6) Seinapaksuse tõstmisel tekkivad lisakulud.

Maja seinapaksuse tõstmisel tõuseb ehituskulu mitte ainult seina kallinemise tõttu, vaid ka selle tagajärjel, et paksemal seinal peab sama siseruumi juures olema suurem katus,

Tabel nr. 13.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	Hind, kr./m ²
a) 1 +8 cm +½ kivi	0,48	0,27	1,60	8,50	0,898	0,912	0,900	9,60
b) 1½ +8 cm +½ „	0,62	0,41	1,36	8,48	0,769	0,779	0,770	12,40
c) 2 +8 cm +½ „	0,76	0,55	1,20	8,47	0,672	0,680	0,673	15,10

Tabel nr. 14.

Tüüp	δ	δ_1	$t_1 - \vartheta_1$	α_1	K_1	K_2	K_3	Hind, kr./m ²
a) 60 cm +8 cm +½ kivi . .	0,81	0,60	1,6	8,50	0,900	0,913	0,901	9,50
b) 80 „ +8 „ +½ „ . .	1,01	0,80	1,5	8,49	0,813	0,824	0,814	11,0
c) 100 „ +8 „ +½ „ . .	1,21	1,00	1,3	8,48	0,740	0,750	0,740	12,50

paksem alusmüür jne. Neid lisakulusid ei saa täpsalt arvutada, sest nad olenevad paljuist tegureist, nagu maja suurusest, kujust, ehitusviisist jne. Ligikaudu määrub nende lisakulude üldkeskmine, kui jaostada maja ehitamiskulud (arvatud välispinnaga piiratud ruumi 1 m³ kohta) kahte liiki: kuludeks, mis olenevad, ja kuludeks, mis ei olene välisseina pakusest. Saksa oludes moodustavad esimesed keskmiselt 25% üldistest ehituskuludest*), kusjuures seina ehitamise kulu võetakse arvesse eraldi ja ei sisaldu nii siis nimetatud 25%-is. Kuna lisakulud mõjutavad selle töö tulemusi õige väiksel määral, siis võib oletada, et ka meil jääb see suhe umbes samaks kui Saksas. Kui lugeda meie elumajade keskmiseks ehituskuluks 14 kr./m³, siis sellest langeb seinapaksusest olenevatele kuludele (alusmüürid, katus jne.) 3,5 kr./m³.

Et leida lisakulude olenevust seinapaksusest, tuleb jälgida maja kubatuuri kasvamist seinapaksusega. Nelinurkse maja puhul, mille sisemine põhi-pind on a×b, kõrgus h ja normaalne seinapaksus δ_1 , on maja välispinnaga piiratud kubatuur

$$V_1 = (a + 2\delta_1)(b + 2\delta_1)h.$$

Kui seinapaksus kasvab x meetri võrra, siis kubatuur on

$$V_x = (a + 2\delta_1 + 2x)(b + 2\delta_1 + 2x)h$$

ning kubatuuri juurdekasv on

$$V_x - V_1 = h[(a + 2\delta_1 + 2x)(b + 2\delta_1 + 2x) - (a + 2\delta_1)(b + 2\delta_1)] = 2hx(a + b + 4\delta_1 + 2x).$$

Sooja läbilaskvaks müüripinnaks on

$$F = 2(a + b)h.$$

Selle pinna iga m² kohta on kubatuuri juurdekasv

$$\frac{V_x - V_1}{F} = \frac{x(a + b + 4\delta_1 + 2x)}{a + b}$$

Seinapaksuse tõusul 1 m võrra on kubatuuri juurdekasv

$$\Delta V = \frac{V_x - V_1}{F \cdot x} = \frac{a + b + 4\delta_1 + 2x}{a + b} = 1 + \frac{4\delta_1 + 2x}{a + b} \dots \dots \dots (7)$$

*) Müller'i järgi, Gesundheitsingenieur 1929, nr. 13.

Keskmete arvude saamiseks valime Tallinna keskmise kivimaja põhipinnaks 300 m² = 25×12 m. = a×b. Kui loeme normaalseks seinapaksuseks $\delta_1 = 0,54$ m (2 telliskivi) ja varieerime seda 1½ kuni 2½ kivini, s. t. $x_{\max} = \pm 0,13$, siis suuruse x väljaheitmisega eelmisest valemist (7) teeme vea alla 0,7%. Piisava täpsusega on sellepärast

$$\Delta V = 1 + \frac{4\delta_1}{a + b} \dots \dots \dots (7-a)^*$$

Nimetatud 300 m² põhipinnaga maja juures oleks seega

$$\Delta V = 1 + \frac{4 \cdot 0,54}{25 + 12} = 1,058 \frac{m^3}{m^2 m}$$

Kaks korda suurema maja jaoks oleks ΔV kõigest 2,7% väiksem, mis näitab, et ka olenevus maja suurusest ei ole liiga suur, nii et leitud arvu 1,058 võib tarvitada küllaldase täpsusega kõigi majade jaoks.

Kuna üleval leidsime, et seinapaksusest olenevad ehituskulud on 3,5 kr./m³, siis seinapaksuse kasvamisel 1 m võrra tuleks müüripinna iga m² kohta lisakulusid

$$3,5 \cdot \Delta V = 3,5 \cdot 1,058 = 3,7 \text{ kr./m}$$

ning seinakasvamise korral 1 cm võrra 0,037 kr./cm.

Nopsa-süsteemi seintel on peale ülalnimetatud veel mõningad erikulud, mis ka osaliselt olenevad seinapaksusest, nagu nurkade toed jne. Nende olenevust seinapaksusest on raske arvuliselt väljendada, mispärast neid siin ei arvesse võetud. Sellega kujuneb Nopsa-seinte võrdlus pisut puudulikuks. Ka tuleb selle süsteemi kohta silmas pidada, et nimetatud erikulude väljajätmisega nende üldkulud ei ole otse võrreldavad teiste seinatüüpide üldkuludega, kus sarnaseid erikuluseid ei ole.

7. Üldkulude võrdlus.

Majanduslikult soodsaima seinapaksuse määrab ekspluateerimiskulude miinimum. Kuna osa neist kuludest ei olene seinapaksusest (remont, vesi, maksud jne.), siis miinimumi leidmiseks jätkub kütte- ja kapitalikulu summa võrdlusest. Kapitalikulu (s. t. amortisatsioon + kapitali %) tuleb arvata mitte seinaga

*) Ka δ_1 muutumine ei avalda liiga suurt mõju resultaatile: kui valida $\delta_1 = 0,40$ (1½ kivi), siis kahaneks ΔV ainult 1,5% võrra.

Tabel nr. 15.

Seina tüüp	Paksus δ , cm	K	Küttekulu, kr./m ²	Seina hind, kr./m ²	Lisakulu, kr./m ²	Üldhind, kr./m ²	Kapitalikulud, kr./m ²			Aasta üldkulu, kr./m ²		
							4%	6%	8%	4%	6%	8%
A. Massivne telliskivisein:												
a) 1 kivi	27	1,807	2,10	6,40	-1,00	5,40	0,21	0,32	0,43	2,31	2,42	2,53
b) 1½ „	41	1,350	1,57	9,20	-0,50	8,70	0,35	0,52	0,70	1,92	2,09	2,27
c) 2 „	55	1,078	1,25	12,0	0,00	12,00	0,48	0,72	0,96	1,73	1,97	2,21
d) 2½ „	69	0,898	1,05	14,80	+0,54	15,34	0,61	0,92	1,22	1,66	1,97	2,27
B. Telliskivisein tühja õhuvahega:												
a) 1 +8 cm +½ kivi	48	1,013	1,18	9,60	-0,22	9,38	0,38	0,56	0,75	1,56	1,74	1,93
b) 1½ +8 cm +½ „	62	0,850	0,99	12,40	+0,26	12,66	0,51	0,76	1,01	1,50	1,75	2,00
c) 2 +8 cm +½ „	76	0,733	0,85	15,10	+0,81	15,91	0,64	0,95	1,27	1,49	1,80	2,12
C. Telliskivisein täidetud õhuvahega:												
a) 1 +8 cm +½ kivi	48	9,617	0,72	9,90	-0,22	9,68	0,39	0,58	0,77	1,11	1,30	1,49
b) 1½ +8 cm +½ „	62	0,544	0,63	12,70	+0,26	12,96	0,52	0,78	1,03	1,15	1,41	1,69
c) 2 +8 cm +½ „	76	0,490	0,57	15,40	+0,81	16,21	0,65	0,97	1,30	1,22	1,54	1,87
D. Silikaatsein tühja õhuvahe ja telliskivi voodriga:												
a) 1 +8 cm +½ kivi	48	1,212	1,41	9,00	-0,22	8,78	0,35	0,53	0,70	1,76	1,94	2,11
b) 1½ +8 cm +½ „	62	1,079	1,25	11,50	+0,26	11,75	0,47	0,70	0,94	1,72	1,95	1,19
c) 2 +8 cm +½ „	76	0,967	1,12	14,00	+0,81	14,81	0,59	0,89	1,18	1,71	2,01	2,30
E. Paesein telliskivi voodriga:												
a) 60 cm +8 cm +½ kivi	81	1,014	1,18	9,50	+1,00	10,50	0,42	0,63	0,84	1,60	1,81	2,02
b) 80 „ +8 „ +½ „	101	0,905	1,05	11,00	+1,73	12,74	0,51	0,76	1,02	1,56	1,81	2,07
c) 100 „ +8 „ +½ „	121	0,817	0,95	12,50	+2,48	14,98	0,60	0,90	1,20	1,55	1,85	2,15
F. Samane sein täidetud õhuvahega:												
a) 60 cm +8 cm +½ kivi	81	0,617	0,72	9,80	+1,00	10,80	0,43	0,65	0,86	1,15	1,37	1,58
b) 80 „ +8 „ +½ „	101	0,570	0,66	11,30	+1,74	13,04	0,52	0,78	1,04	1,18	1,44	1,70
c) 100 „ +8 „ +½ „	121	0,530	0,62	12,80	+2,48	15,28	0,61	0,92	1,22	1,23	1,54	1,84
G. Nopsa-sein tsementkivist:												
a) ¼ +15,2 cm +¼ +15,2 cm +¼	49,6	0,535	0,62	5,20	-0,16	5,04	0,20	0,30	0,40	0,82	0,92	1,02
b) ½ + 8 „ +¼ +15,2 „ +¼	49,6	0,519	0,60	6,90	-0,16	6,74	0,27	0,40	0,54	0,87	1,00	1,14
c) ½ + 8 „ +¼ +15,2 „ +½	56,8	0,486	0,56	8,50	+0,10	8,60	0,34	0,51	0,69	0,90	1,07	1,25
d) ½ + 8 „ +¼ +10 „ +½	51,6	0,574	0,67	8,40	-0,09	8,31	0,33	0,50	0,66	1,00	1,17	1,33
H. Nopsa-sein telliskivist:												
a) ¼ +15,2 cm +¼ +15,2 cm +¼	51,4	0,466	0,54	5,60	-0,10	5,50	0,22	0,33	0,44	0,76	0,87	0,99
b) ½ + 8 „ +¼ +15,2 „ +¼	50,4	0,448	0,52	7,40	-0,17	7,23	0,29	0,43	0,58	0,81	0,95	1,10
c) ½ + 8 „ +¼ +15,2 „ +½	56,6	0,416	0,48	9,10	+0,10	9,20	0,37	0,56	0,74	0,85	1,04	1,22
d) ½ + 8 „ +½ +15,2 „ +½	62,8	0,394	0,46	10,80	+0,32	11,12	0,44	0,67	0,89	0,90	1,13	1,35
I. Telliskivisein poorse telliskivi voodriga:												
a) 1 +8 cm +½ kivi	48	0,900	1,05	9,60	-0,22	9,38	0,38	0,56	0,75	1,43	1,61	1,80
b) 1½ +8 cm +½ „	62	0,770	0,89	12,40	+0,26	12,66	0,51	0,76	1,01	1,40	1,65	1,90
c) 2 +8 cm +½ „	76	0,673	0,78	14,10	+0,81	15,91	0,64	0,95	1,27	1,42	1,73	2,05
K. Paesein poorse telliskivi voodriga:												
a) 60 cm +8 cm +½ kivi	81	0,901	1,05	9,50	+1,00	10,50	0,42	0,63	0,84	1,47	1,68	1,89
b) 80 „ +8 „ +½ „	101	0,814	0,95	11,00	+1,74	12,74	0,51	0,76	1,02	1,46	1,71	1,97
c) 100 „ +8 „ +½ „	121	0,740	0,86	12,50	+2,48	14,98	0,60	0,90	1,20	1,46	1,76	2,06

m² tegelikust hinnast, vaid viimase ja ülalnimetatud lisaehituskulude summast. Kuna lisaehituskulude valem (7-a) tuletamisel loeti seinä põhipaksuseks 54 cm, siis sel paksusel tuleb lisakulu arvata nulliks; x cm paksemal või õhemal seinal aga on lisa-ehituskulu $\pm 0,037 \times \text{kr./m}^2$. Küttekulu on määratud valemiga (3).

Et selgitada tulemuste olenevust kapitalikulu %-dist, on arvutus tehtud 4,6 ja 8% jaoks.

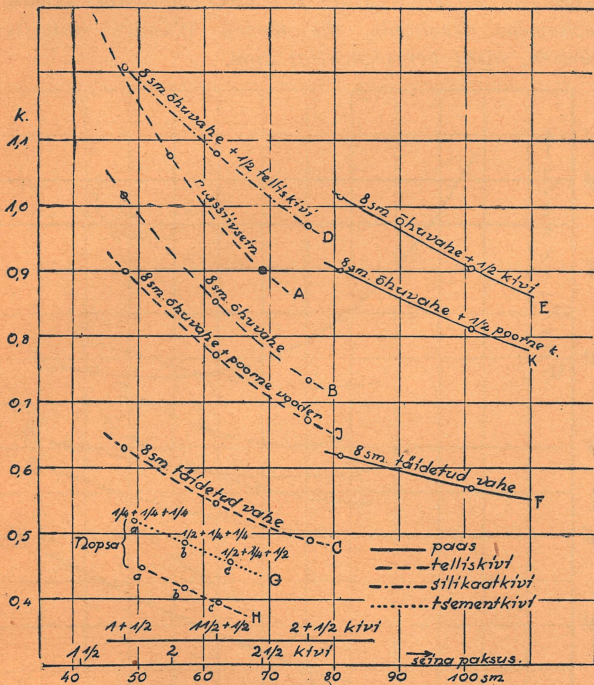
8. Tulemused.

Nagu näha diagrammist 5, on 6%-lisel kapitalikulul seinte majanduslikult soodsaim seinapaksus δ_0 ning sellele vastav soodsaim soojaläbilasutegur k_0 järgmine:

Tähelepanu äratav täitega seinad madal aastakulu (C ja F), mis on umbes 25% madalam kui samatüübilistel seintel tühja õhuga (B ja E). Täiteaine (turbapuru) niiskuse kasutamisel võib nende seinte k küll märksa tõusta, mille tõttu kõverad C ja F ei ole küllalt usaldusväärsed. Tuleb aga silmas pidada, et täite puhul on laiema õhuvahel märksa suurem soojatõkestus kui kitsamal. Kui näiteks 8 cm asemel ehitada 16 cm laiune vahe, siis ka täiteaine kaks korda suuremal juhtivusel ($\lambda = 0,12$) on k ikkagi umbes samasuur kui juhul C ja F. Täitaine juhtivus 0,12 vastab aga juba õige suurele niiskuse %-le. Näib, et täidetud vahetega seinte ehitamisele tuleks pöörata suuremat

Tabel nr. 16.

Sein	Diagrammi kõver	δ_0	K_0	Tallinna ehitusmäärustega nõutav minimaalne paksus
Telliskivi, massiivne	A	2-2 1/2 kivi	1,078-0,896	2 kivi
„ 8-sm-lise õhuga	B	1+1/2 „	1,013	1 1/2 + 1/2
„ 8-sm-lise täidetud vahetega	C	alla 1+1/2 „	0,617	—
„ 8-sm-lise õhuga ja poorse telliskivivoodriga	I	alla 1+1/2 „	0,900	—
„ Nopsa sein	H	1/4 + 1/4 + 1/4 kivi	0,466	—
Silikaatsein 8-sm-lise õhuga ja telliskivivoodriga	D	1+1/2-1 1/2+1/2 „	1,212-1,079	1 1/2 + 1/2
Paesein, 8-sm-lise	E	60-80	1,014-0,905	60 cm + 1/2
„ 8-sm-lise täidetud vahetega ja telliskivivoodriga	F	alla 60 cm	0,617	—
„ 8-sm-lise õhuga ja poorse telliskivivoodriga	K	„ 60 „	0,901	—
Tsementkivist Nopsasein	G	1/4 + 1/4 + 1/4 kivi.	0,535	—



Joon. nr. 4-a. Soojusläbilasutegur K sõltuvus seina materjalist, konstruktsioonist ja paksusest.

Kui võrrelda neid resultate Tallinna ehitusmäärustes ettenähtud minimaalsete seinapaksusega (R.T. 1932, Nr. 59), siis selgub, et üldiselt on määruse nõuded seinapaksuse suhtes õigustatud, peale õhuga telliskiviseinte (B, C ja I), milliseid peaks lubatama ehitada ka 1+1/2 kivi paksuses*).

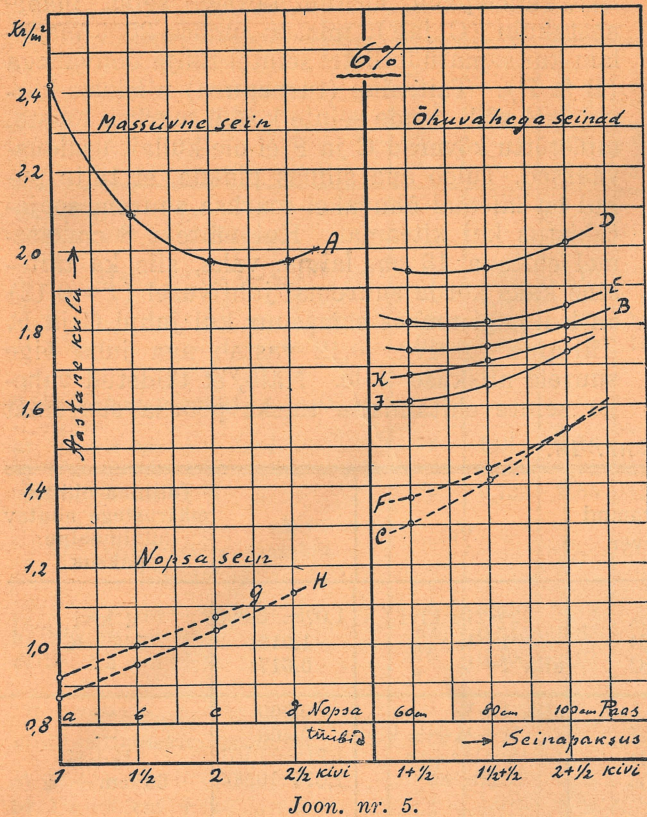
tähelepanu, kui seda seni on tehtud.

Diagramm 6 näitab aastakulude olenevust seinast 1 m² hinnast, oletusel, et kapitalikulu on 6%. Diagrammi järgi tuleks kõige soodsamaks seinaks lugeda Nopsa-seina (G ja K), sest kõige odavamal seinal annavad nad kõige madalama aastakulu. Kuid, nagu juba varem mainitud, ei ole need kõverad otse võrreldavad teistega, sest:

- Väga õhukeste seinte tõttu võib tuul puhuda läbi vuukide, mistõttu k langeb;
- Täiteaine niiskuse tõus avaldab siin veel suuremat mõju kui juhtudel C ja F;
- Nopsa-seintel on lisakulusid, mis pole arvatud seinast m² pinna sisse, milliseid pole teistel seintel.

Kõige sellega ei ole käesoleval juhul arvestatud. Kuna aga täite niiskuse ja tuule läbipuhumise võimalus on seda väiksem, mida paksemad on seinakihid, siis võib oletada, et selle mõju paksema Nopsa-seina aastakulule ei ole palju suurem kui juhul C ja F, s. t. et kõverad G ja H kõrgemas otsas on võrreldavad kõverate C ja F-ga. See võrdlus aga näitab, et paksem Nopsa-süsteemi sein (näit. 3x1/2 kivi) peab olema kasulikum kui täidetud vahetega sama paks harilik sein (näit. 1+1/2 kivi). Lahtisaks jäägu sellejuures küsimus, kas tohib 3x1/2 kivilist Nopsa-seina amortiseerida sama

*) Toimetuse märkus. Meie ei poolda 1+1/2 kivi (tüüp B, täiteta); vt. T. A. Nr. 4 — 1935, lk. 61, kus soovitatakse soojaläbilasutegur $k \leq 0,9$.



pika aja jooksul kui 1+1/2 kivilist harilikku sein.

Kasvava aastakuluga järgnevad Nopsaseinte teadatud vahega seinad (C, F), siis poorsest telliskivist voodriga sein (I, K), peale selle tühja õhuvahega telliskivi- ja paeseinad (B, E) ning lõpuks, kui kõige kulukamad, telliskivivoodriga silikaat-sein (D) ja masiivne telliskivisein (A).

Diagrammist 6 järgneb veel, et paeseinad (E, K, F) annavad suurema aastakulu kui samahinnalised telliskiviseinad (B, I, C) ning et massiivne telliskivisein (A) annab märksa kõrgema hinna juures suurema aastakulu kui tühja õhuvahega telliskivisein (B).

Kõik ülalloodatud järeldused on tehtud oletusel, et amortisatsiooniks ja kapitali %-iks on kokku 6%. Suuremal kapitalikulul nihkuvad soodsaimad seinapaksused (tab. 16) pisut õhemate seinte poole, ilma et oluliselt muutuks üldpilt (võrdle tab. 15).

Seinte ja kütetaine hinnad on suve jooksul tõusnud, mille tagajärjel kasvab aasta üldkulude absoluutne suurus. Relatiivselt ei tohiks üldpilt ka selle tagajärjel palju muutuda.

E. MALTENEK: WIRTSCHAFTLICHE WANDSTÄRKE VON WOHNHÄUSERN.

Es wird versucht die wirtschaftliche Wandstärke von Wohnhäusern bei verschiedener Wandkonstruktion aus einheimischen Baustoffen für Tallinn zu ermitteln. Auf Grund meteorologischer Beobachtungen von 1909—1932 ergibt sich die Zahl der Heizgradtage für Tallinn zu 4940. Bei einem mittleren Brennholzpreise von 5,3 kr./m³ und einem mittleren Wirkungsgrade der Öfen von 40%, errechnen sich die Heizungskosten zu 1,162 Kr./m². Zur Bestimmung der Wärmedurchgangszahl k der Aussenwände werden Ergebnisse von Untersuchungen einheimischer Baustoffe am „Tallinna Teh-

nikum“ benutzt. Aus der gemessenen Leitfähigkeit der Bausteine im lufttrockenen Zustande wird ihre Leitfähigkeit bei verschiedener Feuchtigkeit laut Angaben von Cammerer bestimmt. Die Feuchtigkeit von Aussenwänden aus verschiedenen Baustoffen wird auf Grund von Wasseraufnahmeversuchen der Bausteine annähernd ermittelt (Tab. 3). Es ergibt sich z. B., dass bei sonstigen gleichen Bedingungen der Feuchtigkeitsgehalt einer Ziegelsteinwand 10 Vol. %, einer Kalksteinwand 1,7 und einer Silikatsteinwand 19,8 Vol. % ist. Diesen Feuchtigkeitsgehalten entsprechende Wärmeleitfähigkeiten werden zur Berechnung der k — Werte der Mauer benutzt.

Bei der Bestimmung von Verzinsungs- und Amortisationskosten (4, 6 und 8 %) werden auch die zusätzlichen Baukosten berücksichtigt, die infolge einer dickeren Aussenwand durch grössere Fundamente, Dachkonstruktionen u. s. w. entstehen. Diese Kosten errechnen sich annähernd zu 0,037 Kr. pro m² Wandfläche und 1 cm Wandstärkezuwachs. Das Minimum der Gesamtkosten bestimmt die wirtschaftlichste Wandstärke (Diagr. 5).

Es ergibt sich, dass die Bestimmungen der Stadt Tallinn inbezug auf minimale Wandstärken begründet sind, ausser Ziegelsteinwände mit Luftschicht, die auch in der Stärke von 1+1/2 Stein zugelassen werden müssten (Tab. 16).

Zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Wandkonstruktionen untereinander sind in Diagr. 6 die Gesamtkosten in Abhängigkeit vom Wandpreise dargestellt. Es ergibt sich die Überlegenheit der Wände mit gefüllten Luftschichten; resp. der Nopsawände in wirtschaftlicher Hinsicht, wobei aber etwaige technische Nachteile, die diesen Wänden anhaften können, nicht berücksichtigt sind.

